昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, February 2006, 49(1):80 – 85 ISSN 0454-6296

转基因棉田棉蚜种群动态及相关影响因子分析

杨益众,陆宴辉,薛文杰,刘 洋,杨海燕,李晓慧,王 峰,余月书
(扬州大学农学院植物保护系,江苏扬州 225009)

摘要:以 3 个转基因棉花品种和 2 个对照棉花品种为研究材料,在棉花苗期组建了棉蚜连续 3 个世代的自然种群生命表。结果表明:3 个转基因棉花品种田棉蚜的种群趋势指数在第 1 代和第 2 代均高于对照,第 3 代则略低于对照;从连续 3 个世代的棉蚜种群累积增长趋势指数分析,转基因棉'国抗 22'上的种群累积增长指数为 5.40,比对照'泗棉 3 号'上的高 41.21%,转基因棉'苏抗 103'和'中抗 310'上的种群累积增长指数较对照'苏棉 12'上的也分别增加 49.54%和 65.79%。比较各作用因子的控制指数,发现 3 个转基因棉花品种田寄生性天敌的控制指数大多数小于各自的对照棉田,而天敌捕食等其他一些作用因子的控制指数在常规对照棉田与转基因棉花品种间差异不大。

关键词:转基因棉;棉蚜;种群动态;自然种群;生命表;作用因子
中图分类号:Q966 文献标识码:A 文章编号:0454-6296(2006)01-0080-06

Population dynamics of *Aphis gossypii* Glover in transgenic cotton fields and an analysis of the related influencing factors

YANG Yi-Zhong, LU Yan-Hui, XUE Wen-Jie, LIU Yang, YANG Hai-Yan, LI Xiao-Hui, WANG Feng, YU Yue-Shu (Department of Plant Protection, Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract: In order to study the population dynamics of *Aphis gossypii* in the transgenic cotton fields and to analyze the related influencing factors, we constructed the life tables of natural populations of *A. gossypii* across three continuous generations on three transgenic cotton cultivars and their two parental lines as the controls in Yangzhou City, Jiangsu Province in 2003. The results showed the population trend index (*I*) of *A. gossypii* in three transgenic cotton fields was higher than that of the non-transgenic conventional cottons in the first and second generation, but slightly lower than that of the control in the third generation of *A. gossypii*. The population trend index of three continuous populations on the transgenic cotton "Guokang 22" was 5.40, 41.21% higher than that on its control "Simian 3"; and the population trend indexes of three continuous populations on the transgenic cotton "Sukang 103" and "Zhongkang 310" were 49.54% and 65.79% higher than that on their control "Sumian 12" respectively. By analyzing the index of population control (IPC), we found that the control index of parasitism in the transgenic cotton fields was smaller than in the non-transgenic conventional cottons in most time, but there was almost no difference in the IPCs of predation and other influencing factors between three transgenic cotton cultivars and two non-transgenic conventional cottons.

Key words: Transgenic cotton; *Aphis gossypii*; population dynamics; natural population; life table; influencing factors

上世纪 90 年代后期,转基因棉花的大面积种植有效地抑制了棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)等害虫的发生为害,棉田昆虫群落结构也随之发生了较大变化:棉铃虫已不再是转基因棉田的主要害虫,而非靶标害虫棉蚜 *Aphis gossypii* Glover、烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)等刺吸类害虫的种群数量在逐步上升(崔金杰和夏敬源,1998,1999)。邓曙东等(2003)在湖北棉区研究后发现,2000 年转基因棉化防田和自控田的棉蚜种群数量比常规对照综防棉田分别增加 37.9%和 71.4%,2001 年则分别增加 92.5%和 134.9%;其他一些学者的研究也证明转基因棉田的棉蚜种群数量有上升趋势(柏立新等,2002;孙长贵等,2002,2003);当然也有一些学者认为转基因棉田棉蚜的种群发生量与常规棉田相当,

基金项目:江苏省十·五攻关项目(BE2001342)
作者简介:杨益众,1960 年生,博士,教授,主要从事昆虫生态学与害虫综合治理研究,E-mail:yzyyz@yzcn.net
收稿日期 Received:2005-07-01;接受日期 Accepted:2005-10-17

并无显著差异(王武刚等，1999；万鹏等，2003)。因此，进一步阐明转基因棉田棉蚜的种群数量是否呈现上升趋势，并探讨影响棉蚜种群动态的主要影响因子显得尤为重要，因为它关系到转基因棉田有害生物的综合治理，同时也是对转基因棉进行生态安全性评估的需要。

本文通过在转基因棉和对照亲本棉田组建棉蚜连续 3 个世代的自然种群生命表，并计算其种群趋势指数(I)，以此探讨转基因棉田棉蚜种群数量是否呈现上升趋势；同时对天敌的捕食、寄生、病菌作用、气候、自然死亡等各种因子进行分析比较，综合评价影响棉蚜种群数量的各种因子。现将研究结果报告如下。

1　材料与方法

1.1　供试棉花品种

棉花品种共 5 个，包括，转 *Cry1A* 基因棉“国抗 22”(Guokang 22，GK22)，及其对照亲本棉“泗棉 3 号”(Simian 3，SM3)；转 *Cry1A* 基因棉“苏抗 103”(Sukang 103，SK103)和转 *Cry1A* + *CpTI* 基因棉“中抗 310”(Zhongkang 310，ZK310)，及其对照亲本棉“苏棉 12”(Sumian 12，SM12)。上述 5 个棉花品种同时育苗，田间栽培管理一致，整个试验期间未使用任何化学药剂。每个品种的种植面积均为 400 m^2，5 个棉花品种田块间均种植 3 m 宽的大豆，以减少不同棉花品种间的干扰。

1.2　试验时间和地点

试验于 2003 年 4～7 月在扬州大学实验农牧场棉田中进行。

1.3　调查方法

1.3.1　棉蚜自然种群动态的调查：从棉花 5 叶期(此时在棉田已很少见到棉蚜有翅型)开始，应用 5 点取样法在每个棉花品种田选取长势一致的有蚜棉株，每点 6 株，计 30 株，并予以标记。先用小毛笔刷除标记棉株上的所有棉蚜若虫，留下成蚜让其产仔。一旦发现新生若蚜即逐日开始记载产蚜数，将初产若蚜作为第 1 代的试验起始虫源。当标注区内每株棉花上的若蚜量达到 50 头左右时，刷除所有成蚜，固定 1 代试验虫源，并开始精确记载每株棉花上若蚜数及其虫龄结构。当 1 代棉蚜进入 3、4 龄若蚜和成蚜阶段时，分别从相同品种未标记的棉花植株上采集与标注区内相同龄期或虫态的棉蚜各 100 头以上，带回实验室以相同品种的棉花叶片继续饲养观察，系统记录寄生蜂寄生和病菌所导致的死亡情况。当标注区内 1 代棉蚜开始成熟产仔时，移出部分成蚜至相同品种的其他植株上，设立另一观察区让其繁殖，所产若蚜作为第 2 代试验的起始虫源。继续观察原标注区内若蚜发育和成蚜产仔情况，并及时刷除所有的新生若蚜，记录被刷除的若蚜量，直至 1 代棉蚜整个种群全部消亡为止。原观察区中剔除的若蚜总量加上新观察区中 2 代棉蚜的起始蚜量即为 1 代棉蚜的总繁殖量。第 2、3 代棉蚜试验方法同上。棉蚜自然种群数量的消长主要受天敌捕食、寄生、雨水冲刷、病菌作用、自然死亡等因子的影响。

1.3.2　田间棉蚜对照种群的调查：在棉花移栽后，即用 80 目的罩笼罩 5 个棉花品种各 12 株，并清除罩笼内所有节肢动物，以此作为棉蚜的田间对照种群。在进行 1.3.1 工作的同时，在网罩内棉株上接入未产仔的成蚜，每株接 15 头，待成蚜在每株棉花上产 50 头左右若蚜后刷除成蚜，留下所产若蚜作为田间对照组的起始试验虫源，所有调查记载同 1.3.1。与田间棉蚜自然种群相比，对照种群的致死因子中没有天敌的捕食与寄生作用。

1.3.3　室内对照种群试验：与大田研究同步进行。在室内盆栽的 5 个棉花品种上分别记录棉蚜各龄若虫的发育进程和死亡情况。棉蚜室内对照种群的致死因子主要是自然死亡。

1.4　分析方法

1.4.1　各龄期的数量、期中值及存活率的估计：田间自然种群及田间对照种群系统调查数据处理方法参照田明义等(1994)。具体公式如下：

期中值：$N_{im} = \Delta x\ N_{is} / T_i$；其中，$N_{is}$ 为各龄期的累计值，Δx 为调查间距，T_i 为各虫龄发育历期。

起始虫数：$N_{ib} = N_{im} / S^t$；其中，S 为各龄期逐日存活率，t 为各龄期初期至中期的历期。

1.4.2　棉蚜 1、2 龄若蚜存活率的估计：田间观察发现，1、2 龄若蚜的存活率主要受天敌捕食、雨水冲刷、自然死亡 3 个因子的影响。作用因子引起的死亡率计算参照庞雄飞和梁广文(1995)，即天敌的捕食作用引起的死亡率 = (田间对照种群存活率 − 田间自然种群存活率)/田间对照种群存活率；雨水冲刷造成的死亡率 = (室内对照种群存活率 − 田间对照种群存活率)/室内对照种群存活率。当有雨水冲刷时，自然死亡及其他作用因子从室内对照种群中获得；无雨水冲刷时，自然死亡及其他影响因子从田间对照种群获得。

1.4.3　棉蚜 3、4 龄若蚜及成蚜存活率的估计：棉蚜 3、4 龄若蚜及成蚜的存活率主要受天敌捕食、寄生、病菌、气候、自然死亡等因子的影响。天敌的寄生作用和病菌的侵染通过野外采样室内饲养观察获得，

天敌的捕食作用、气候和自然死亡影响程度的估计方法参照 1.4.2。成蚜的存活率用逐日存活率的均值表示。

1.4.4　种群趋势指数(I)计算：将 1.3.1 中所得到的 i 代棉蚜种群的总繁殖量记为 N_i，而 i 代棉蚜种群的起始数量记为 N_{i-1}，该代棉蚜种群趋势指数即为：$I_i = N_i/N_{i-1}$。各作用因子的种群控制指数 $IPC(S_i) = 1/S_i$，S_i 为作用因子 i 对应的存活率，各世代中同一因子对棉蚜种群的控制作用是各龄期该因子控制指数的乘积(庞雄飞和梁广文，1995)。

2　结果与分析

2.1　不同棉花品种田棉蚜种群趋势指数的比较

表 1 显示，5 个棉花品种田棉蚜第 1、2 代的种群趋势指数均大于 1，第 3 代的棉蚜种群趋势指数均小于 1。这说明在棉花的苗期，棉蚜种群数量处于上升趋势，但随着长江流域"梅雨"季节的来临，棉蚜的种群数量开始下降。第 1 代，"国抗 22"上棉蚜的种群趋势指数为 5.1466，比"泗棉 3 号"上的棉蚜种群趋势指数高 14.47%；"苏抗 103"和"中抗 310"上的棉蚜种群趋势指数分别为 6.9806 和 7.6186，比"苏棉 12"上的棉蚜种群趋势指数分别高 79.19%和 95.56%。第 2 代，"国抗 22"上的棉蚜种群趋势指数比"泗棉 3 号"上的高 55.09%；"苏抗 103"和"中抗 310"上的棉蚜种群趋势指数比"苏棉 12"上的分别高 2.31%和 6.20%。第 3 代中，3 个转基因棉上的棉蚜种群趋势指数均略低于其对照。在此，比较 5 个棉花品种田棉蚜连续 3 个世代的种群累积趋势指数，发现"国抗 22"上棉蚜 3 个连续世代的种群累积趋势指数为 5.4018，比"泗棉 3 号"上的高 41.21%，"苏抗 103"和"中抗 310"上棉蚜 3 个世代的种群累积趋势指数较"苏棉 12"分别增加 49.54%和 65.79%。

表 1　不同品种棉田棉蚜自然种群趋势指数(江苏扬州，2003)

Table 1　Population trend index of *A. gossypii* in different transgenic and normal cotton fields (Yangzhou, Jiangsu, 2003)

种群趋势指数 Population trend index	泗棉 3 号 SM3 (CK)	国抗 22 GK22	苏棉 12 SM12 (CK)	苏抗 103 SK103	中抗 310 ZK310
第 1 代 1st generation (I_1)	4.4960	5.1466	3.8957	6.9806	7.6186
第 2 代 2nd generation (I_2)	2.0823	3.2295	3.2890	3.3650	3.4929
第 3 代 3rd generation (I_3)	0.4086	0.3250	0.7004	0.5713	0.5591
3 个世代累积种群趋势指数 Cumulative population trend index of three generations (I_{123} *)	3.8253	5.4018	8.9740	13.4197	14.8780

* $I_{123} = I_1 \times I_2 \times I_3$

2.2　影响棉蚜种群增长的作用因子分析

5 个棉花品种田 3 个世代的棉蚜自然种群生命表参数如表 2。在此将各作用因子转化为种群控制指数(IPC)进行分析(表 3)，发现除了第 1 代中"国抗 22"和第 3 代中"中抗 310"上捕食性天敌的控制作用指数与对照差异较大外，其他各处理上的捕食作用控制指数与其对照之间差异不太明显。这说明捕食性天敌在棉田活动性大，其种群数量与不同棉花品种关系不大。但比较不同棉花品种田棉蚜 3 个世代寄生性天敌的控制作用指数，除了第 3 代中"苏抗 103"上的种群控制指数略高于对照外，其余各转基因棉处理上种群控制指数均低于对照棉花品种。至于雨水冲刷和病菌的作用，3 个转基因棉花品种各处理上的种群控制指数与对照之间差异虽然不太大，但可以发现这两个因子对棉蚜种群有着很强的控制作用，特别是第 3 代棉蚜发生期间。此外，自然死亡和其他因子的控制作用指数在不同棉花品种间差异不明显。

表 2　不同品种棉田棉蚜自然种群生命表(江苏扬州，2003)

Table 2　Life table of natural populations of *A. gossypii* in different transgenic and normal cotton fields (Yangzhou, Jiangsu, 2003)

世代 Generation	龄期 Stage	作用因子 Factors	棉蚜的存活率 Survival rate of *A. gossypii*				
			泗棉 3 号 SM3 (CK)	国抗 22 GK22	苏棉 12 SM12 (CK)	苏抗 103 SK103	中抗 310 ZK310
1 代 1st generation	1 龄 1st instar	捕食 Predation	0.9067	0.8861	0.9125	0.8724	0.8534
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9297	0.8709	0.9062	0.9438	0.9562
	2 龄 2nd instar	捕食 Predation	0.6976	0.9105	0.8564	0.9261	0.9160
		雨水冲刷 Rainfall	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9330	0.9433	0.9437	0.9730	0.9182

续表 2 Table 2 continued

世代 Generation	龄期 Stage	作用因子 Factors	棉蚜的存活率 Survival rate of *A. gossypii*				
			泗棉 3 号 SM3（CK）	国抗 22 GK22	苏棉 12 SM12（CK）	苏抗 103 SK103	中抗 310 ZK310
	3 龄 3rd instar	捕食 Predation	0.8972	0.9089	0.8899	0.9026	0.9176
		天敌寄生 Parasitism of the natural enemy	0.8627	0.9437	0.9061	0.9348	0.9283
		蚜霉菌 Diseases	0.9777	0.8649	0.9258	0.9034	0.9686
		雨水冲刷 Rainfall	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9011	0.9406	0.9239	0.8864	0.8839
	4 龄 4th instar	捕食 Predation	0.8110	0.8273	0.8706	0.8615	0.8755
		天敌寄生 Parasitism of the natural enemy	0.7353	0.9630	0.7621	0.9324	0.9725
		蚜霉菌 Diseases	0.9238	0.8305	0.9073	0.9648	0.8630
		雨水冲刷 Rainfall	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9411	0.8560	0.9129	0.9634	0.9346
	成虫 Adult	捕食 Predation	0.9539*	0.9348*	0.9618*	0.9053*	0.9153*
		天敌寄生 Parasitism of the natural enemy	0.9134*	0.9726*	0.9016*	0.9237*	0.9361*
		蚜霉菌 Diseases	0.9800*	0.9735*	0.9912*	0.9615*	0.9631*
		雨水冲刷 Rainfall	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.8640*	0.9264*	0.9582*	0.9734*	0.9286*
2 代 2nd generation	1 龄 1st instar	捕食 Predation	0.9043	0.9035	0.9425	0.9112	0.8861
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.8759	0.9454	0.9434	0.9824	0.9323
	2 龄 2nd instar	捕食 Predation	0.9227	0.8837	0.9406	0.9504	0.9216
		雨水冲刷 Rainfall	0.7628	0.8064	0.7861	0.6820	0.6834
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9136	0.8983	0.9318	0.9613	0.9163
	3 龄 3rd instar	捕食 Predation	0.9258	0.9168	0.9584	0.9214	0.8861
		天敌寄生 Parasitism of the natural enemy	0.8992	0.9544	0.8329	0.9336	0.9682
		蚜霉菌 Diseases	0.8383	0.7898	0.9258	0.8634	0.9637
		雨水冲刷 Rainfall	0.8109	0.8435	0.7962	0.8016	0.8046
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9381	0.9492	0.9451	0.9357	0.9768
	4 龄 4th instar	捕食 Predation	0.8735	0.8910	0.8580	0.9121	0.8715
		天敌寄生 Parasitism of the natural enemy	0.7890	0.9286	0.7368	0.9039	0.9216
		蚜霉菌 Diseases	0.6573	0.7679	0.9216	0.8315	0.8679
		雨水冲刷 Rainfall	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9527	0.9272	0.9035	0.9637	0.9803
	成虫 Adult	捕食 Predation	0.9238*	0.9268*	0.9204*	0.9618*	0.9346*
		天敌寄生 Parasitism of the natural enemy	0.8364*	0.9483*	0.8903*	0.9401*	0.9383*
		蚜霉菌 Diseases	0.9730*	0.9126*	0.9773*	0.9686*	0.9681*
		雨水冲刷 Rainfall	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9272*	0.9454*	0.9061*	0.9304*	0.9232*
3 代 3rd generation	1 龄 1st instar	捕食 Predation	0.8726	0.8316	0.9458	0.9381	0.9081
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9466	0.9428	0.9226	0.9035	0.9334
	2 龄 2nd instar	捕食 Predation	0.8556	0.8513	0.9625	0.9432	0.8834
		雨水冲刷 Rainfall	0.8092	0.6908	0.7716	0.7339	0.8071
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9368	0.8458	0.9215	0.9405	0.9351
	3 龄 3rd instar	捕食 Predation	0.9409	0.8890	0.9405	0.9562	0.9003
		天敌寄生 Parasitism of the natural enemy	0.9214	0.9603	0.9307	0.8863	0.9631
		蚜霉菌 Diseases	0.7664	0.8192	0.7002	0.6732	0.8060
		雨水冲刷 Rainfall	0.4381	0.5294	0.6238	0.6918	0.6064
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9629	0.9332	0.8927	0.9428	0.9864
	4 龄 4th instar	捕食 Predation	0.9206	0.9213	0.9318	0.8892	0.8319
		天敌寄生 Parasitism of the natural enemy	0.9318	0.9714	0.9134	0.9125	0.9312
		蚜霉菌 Diseases	0.7526	0.7349	0.6492	0.5703	0.7811
		雨水冲刷 Rainfall	0.5062	0.4316	0.5672	0.5409	0.5248
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9651	0.9155	0.9433	0.8964	0.8637
	成虫 Adult	捕食 Predation	0.9291*	0.9561*	0.9561*	0.9317*	0.8891*
		天敌寄生 Parasitism of the natural enemy	0.8671*	0.9635*	0.9094*	0.9242*	0.9764*
		蚜霉菌 Diseases	0.8159*	0.8672*	0.8605*	0.8661*	0.8625*
		雨水冲刷 Rainfall	0.7962*	0.8394*	0.8967*	0.8791*	0.9015*
		自然死亡及其他 Natural death and others	0.9533*	0.9526*	0.9607*	0.9428*	0.9473*

* 为逐日存活率均值 Average of daily survival rate

表 3 不同棉花品种田影响棉蚜种群增长的控制因子分析（江苏扬州，2003）

Table 3 Analysis of control factors affecting the population of *A. gossypii* in different cotton fields (Yangzhou, Jiangsu, 2003)

作用因子 Factors	控制指数 Index of population control (*IPC*)														
	1 代 1st generation					2 代 2nd generation					3 代 3rd generation				
	泗棉 3 号 SM3 (CK)	国抗 22 GK22	苏棉 12 SM12 (CK)	苏抗 103 SK103	中抗 310 ZK310	泗棉 3 号 SM3 (CK)	国抗 22 GK22	苏棉 12 SM12 (CK)	苏抗 103 SK103	中抗 310 ZK310	泗棉 3 号 SM3 (CK)	国抗 22 GK22	苏棉 12 SM12 (CK)	苏抗 103 SK103	中抗 310 ZK310
捕食 Predation	2.2778	1.7634	1.7173	1.7583	1.7397	1.6042	1.6544	1.4904	1.4286	1.6967	1.6643	1.8038	1.3110	1.4267	1.8720
天敌寄生 Parasitism of the natural enemy	1.7259	1.1314	1.6062	1.2421	1.1833	1.6852	1.1899	1.8303	1.2605	1.1944	1.3433	1.1126	1.2935	1.3379	1.1420
病菌 Diseases	1.1298	1.4301	1.2011	1.1933	1.2421	1.8652	1.8067	1.1993	1.4381	1.2350	2.1249	1.9154	2.5565	3.0074	1.8416
雨水冲刷 Rainfall	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.6167	1.4702	1.5977	1.8292	1.8186	6.9988	7.5477	4.0849	4.1422	4.3187
自然死亡及其他 Natural death and others	1.5735	1.6319	1.4469	1.3100	1.4848	1.5080	1.4152	1.4703	1.2621	1.3242	1.2729	1.5409	1.4539	1.4770	1.4196

3 讨论

本文通过组建 5 个棉花品种上连续 3 个世代的棉蚜自然种群生命表，发现转基因抗虫棉‘国抗 22’上第 1、2 代棉蚜种群趋势指数均高于对照，第 3 代略低于对照；同样，转基因抗虫棉‘苏抗 103’和‘中抗 310’上第 1 代棉蚜的种群趋势指数都明显的高于对照，第 2 代略高于对照，第 3 代也略低于对照。造成第 3 代棉蚜种群趋势指数小于 1 且转基因抗虫棉上的棉蚜种群趋势指数低于对照棉花品种的原因，作者认为可能有两个：一是在第 3 代棉蚜发生期间，正值长江中下游地区的梅雨季节，雨水冲刷和随之产生的蚜霉菌的侵染影响了棉蚜种群的增长，从表 3 中雨水作用因子对第 3 代棉蚜种群的影响可见一斑；二是棉蚜在转基因抗虫棉上的连续取食可能产生了某种适应或毒素累积效应，从而使棉蚜种群的增长速率放缓或受抑。当然这后一种解释还有待于用具体研究结果来进一步证明。

考虑到以一个世代的棉蚜种群增长情况来考察棉蚜对不同棉花品种的适应性难免带有随机性和局限性，所以本文研究了棉蚜在同一个棉花品种上连续 3 个世代的自然种群增长趋势。结果表明，3 个转基因棉花品种田棉蚜连续 3 个世代的种群累积增长趋势指数（I_{123}）均高于相应的对照。此结果与孙长贵等（2002）、邓曙东等（2003）调查的田间棉蚜种群动态结果基本一致。当然也有学者认为转基因棉田棉蚜种群数量与对照棉田无显著差异（万鹏等，2003）。这种结论的不一致可能与研究者所用的棉花品种、棉花中导入的基因类型、基因的导入方式、不同气候条件等各种因子有关。因此，生产上应继续加强对转基因棉田棉蚜种群动态的监测工作。这同时也说明转基因作物的安全性评估既是一项长期的工作，也需要遵循个案分析的原则（樊龙江和周雪平，2000）。

对于转基因棉田棉蚜种群数量的上升，有学者认为可能是转基因棉田施药次数减少的缘故（邓曙东等，2003）。本文在没有使用任何化学农药的情况下同时研究了 5 个棉花品种田棉蚜种群的增长情况，发现转基因棉田棉蚜种群增长趋势高于其对照棉花品种。这种现象与转基因抗虫棉的大面积种植是否有关需要进一步分析，因为它关系到转基因抗虫棉的持续有效推广。

根据对各作用因子控制指数的分析，发现 3 个转基因抗虫棉田寄生性天敌对 3 个世代棉蚜的控制指数一般低于对照处理。此结果与前人报导的转基因棉田棉蚜茧蜂 *Lysiphlebia japonica* (Ashmead) 数量减少（崔金杰等，2004）、茧蜂对 Bt 处理过的棉蚜的寄生率下降（Velders *et al.*, 2002）等结论趋于一致。余月书等（2003, 2004）曾报道转基因棉对棉铃虫齿唇姬蜂 *Campoletis chlorideae* Uchida 和中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* (Haliday) 具有一定的驱避性。转基因抗虫棉对棉蚜寄生蜂是否也存在类似的驱避效应有待进一步探讨。

一般地说，组建昆虫自然种群生命表工作量大，辅助试验多，在研究中不可能设置重复（庞雄飞和梁广文，1995；杨益众等，2000；吕利华等，2003）。正因为如此，本试验的结果虽然反映了各棉花品种田棉

蚜种群动态的趋势并进行了比较，但不能进行差异显著性测定。因此，转基因棉田棉蚜种群动态的研究还有待于深入。另一方面，在组建昆虫自然种群生命表时，怎样既减少工作量又能进行统计分析，是研究昆虫种群动态需要进一步完善的地方。

致谢 本系 2000 级实习生陈建、吴洁云、万年峰、刘晓东等人参加部分田间调查，谨致谢忱！

参 考 文 献（References）

Bai LX，Zhang LW，Chen XB，Feng HJ，Gu GH，Zou ZQ，Shu CE，2002. Preliminary studies on effects of transgenic cotton varieties on composition of insect community. *Chinese Journal of Biological Control*，18(3)：115–119. [柏立新，张龙娃，陈小波，冯汉金，顾国华，邹宗晴，束春娥，2002. 不同抗虫棉品系对棉田害虫与天敌群落的影响. 中国生物防治，18(3)：115–119]

Cui JJ，Xia SY，1998. Effects of Bt transgenic cotton (with early maturity) on population dynamics of main pests and their natural enemies. *Acta Gossypii Sinica*，10(5)：255–262. [崔金杰，夏敬源，1998. 麦套夏播转 Bt 基因棉田主要害虫及其天敌的发生规律. 棉花学报，10(5)：255–262]

Cui JJ，Luo SY，Wang CY，Ma Y，Li CH，2004. Population dynamics of main pests and enemies in the transgenic *Cry1Ac* + *CPTI* cotton field. *Cotton Science*，16(2)：94–101. [崔金杰，雒珺瑜，王春义，马艳，李春花，2004. 转双价基因棉田主要害虫及其天敌的种群动态. 棉花学报，16(2)：94–101]

Cui JJ，Xia JY，1999. Effects of transgenic cotton to the structures and composition of insect community. *Journal of Henan Agricultural University*，33(4)：342–345. [崔金杰，夏敬源，1999. 转 Bt 基因棉对昆虫群落结构与组成的影响. 河南农业大学学报，33(4)：342–345]

Deng SD，Xu J，Zhang QW，Zhou SW，Xu GJ，2003. Effect of transgenic Bt cotton on population dynamics of the non-target pests and natural enemies of pests. *Acta Entomologica Sinica*，46(1)：1–5. [邓曙东，徐静，张青文，周世文，徐冠军，2003. 转 Bt 基因棉对非靶标害虫及害虫天敌种群动态的影响. 昆虫学报，46(1)：1–5]

Fan LJ，Zhou XP，2000. The Biosafety of Transgenic Crops：Debates and Facts. Beijing：China Agriculture Press. [樊龙江，周雪平，2000. 转基因作物安全性：争论与事实. 北京：中国农业出版社.]

Lu LH，He YR，Pang XF，2003. Effects of cruciferous vegetables on natural population of the diamondback moth，*Plutella xylostella* L. (Lepidoptera：Plutellidae). *Acta Ecologica Sinica*，23(12)：2 624–2 630. [吕利华，何余容，庞雄飞，2003. 四种十字花科蔬菜上小菜蛾自然种群连续世代生命表. 生态学报，23(12)：2 624–2 630]

Pang XF，Liang GW，1995. The Control of Pest Population Systems. Guangzhou：Guangdong Science and Technology Press. [庞雄飞，梁广文，1995. 害虫种群系统的控制. 广州：广东科技出版社]

Sun CG，Xu J，Zhang QW，Feng HB，Wang F，Song R，2002. Effect of transgenic Bt cotton on population of cotton pests and their natural enemies in Xinjiang. *Chinese Journal of Biological Control*，18(3)：106–110. [孙长贵，徐静，张青文，封红兵，汪飞，宋荣，2002. 新疆棉区转 Bt 基因棉对棉田主要害虫及其天敌种群数量的影响. 中国生物防治，18(3)：106–110]

Sun CG，Zhang QW，Xu J，Wang YX，Liu JL，2003. Effects of transgenic *Bt* cotton and transgenic *Bt* + *CpTI* cotton on population dynamics of main cotton pests and their natural enemies. *Acta Entomologica Sinica*，46(6)：705–712. [孙长贵，张青文，徐静，王因霞，刘俊丽，2003. 转 *Bt* 基因棉和转 *Bt* + *CpTI* 双价基因棉对棉田主要害虫及其天敌种群动态的影响. 昆虫学报，46(6)：705–712]

Tian MY，Pang XF，Liang GW，1994. Improvement on the life table of natural population of citrus red mite and its analysis. *Journal of South China Agricultural University*，15(3)：39–44. [田明义，庞雄飞，梁广文，1994. 桔全爪螨自然种群生命表及其分析的改进. 华南农业大学学报，15(3)：39–44.]

Velders RM，Cui JJ，Xia JY，van der Werf W，2002. Influence of transgenic cotton on the cotton aphid (*Aphis gossypii*) and its two major enemies in north China. *Cotton Science*，14(3)：175–179. [Velders RM，崔金杰，夏敬源，van der Werf W，2002. 中国北方棉区转基因抗虫棉对棉苗蚜及其两种天敌的影响. 棉花学报，14(3)：175–179]

Wan P，Huang MS，Wu KM，Wu JP，2003. Effects of transgenic Bt cotton on development and population dynamics of cotton aphid. *Scientia Agricultura Sinica*，36(12)：1 484–1 488. [万鹏，黄民松，吴孔明，吴金萍，2003. 转 Cry1A 基因棉对棉蚜生长发育及种群动态的影响. 中国农业科学，36(12)：1 484–1 488]

Wang WG，Wu KM，Liang GM，Li XL，1999. Occurrence of cotton pests in the Bt cotton fields and its control strategy. *Plant Protection*，25(1)：3–5. [王武刚，吴孔明，梁革梅，李修立，1999. Bt 棉对棉虫发生的影响及防治对策. 植物保护，25(1)：3–5]

Yang YZ，Pang XF，Liang GW，2000. Life table of cotton bollworm under different control condition. *Chinese Journal of Applied Ecology*，11(6)：856–860. [杨益众，庞雄飞，梁广文，2000. 不同控制条件下棉铃虫的自然种群生命表研究. 应用生态学报，11(6)：856–860]

Yu YS，Yang YZ，Lu YH，2004. Response of parasitic wasps of cotton bollworm to different cotton varieties with transgenic *Bacillus thuringiensis* genes. *Journal of Applied Ecology*，15(5)：845–848. [余月书，杨益众，陆宴辉，2004. 棉田棉铃虫寄生蜂对常规棉及转 Bt 棉品种的趋性反应. 应用生态学报，15(5)：845–848]

Yu YS，Yang YZ，Yin Y，Lu YH，2003. Effect of insect resistant transgenic cotton on behavior of *Microplitis mediatar* parasitized cotton bollworm. *Jiangsu Journal of Agricultural Science*，19(3)：174–177. [余月书，杨益众，印毅，陆宴辉，2003. 转基因抗虫棉对棉铃虫中红侧沟茧蜂选择行为的影响. 江苏农业学报，19(3)：174–177]

（责任编辑：袁德成）